



**HAL**  
open science

# Étude de causalité entre la consommation d'électricité et la croissance économique au Liban

Nour Wehbe, Bassam Assaf, Salem Darwich

► **To cite this version:**

Nour Wehbe, Bassam Assaf, Salem Darwich. Étude de causalité entre la consommation d'électricité et la croissance économique au Liban. *Lebanese Science Journal*, 2018. hal-01944291v1

**HAL Id: hal-01944291**

**<https://hal.umontpellier.fr/hal-01944291v1>**

Submitted on 4 Dec 2018 (v1), last revised 28 Sep 2020 (v2)

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Étude de causalité entre la consommation d'électricité et la croissance économique au Liban

Nour Wehbe<sup>1</sup>, Bassam ASSAF<sup>2</sup>, Salem DARWICH<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de recherche ART-Dev, Économie d'énergie, Faculté d'Économie, Université de Montpellier, France, [nour.wehbe@umontpellier.fr](mailto:nour.wehbe@umontpellier.fr)

<sup>2</sup> Faculté d'Agronomie, Université Libanaise, Dekweneh, Liban, [bassam.assaf@polymtl.ca](mailto:bassam.assaf@polymtl.ca)

<sup>3</sup> Faculté d'Agronomie, Université Libanaise, Dekweneh, Liban, [salemdarwich@yahoo.fr](mailto:salemdarwich@yahoo.fr)

### Résumé

Cet article étudie le lien causal entre la consommation d'électricité et la croissance au Liban durant la période 1971-2012. Cette relation est examinée à l'aide des tests de cointégration et de causalité de Granger. Les résultats des estimations indiquent que la croissance économique et la consommation d'électricité au Liban ne sont pas cointégrés et qu'il n'existe pas une relation causale entre les variables au sens de Granger. Cependant, une causalité unidirectionnelle a été détectée dans la période après-guerre (1990-2012), allant de la consommation d'électricité vers la croissance économique. Les résultats de cette recherche prouvent fortement, avec une approche économétrique, la perspective qui considère que la consommation d'électricité a été la source fondamentale de la croissance économique après la guerre ce qui explique l'apparition de ce lien causal. En outre, l'implication la plus pertinente de cette étude est que l'atténuation des pénuries actuelles de capacité de production électrique devrait être une priorité nationale, compte tenu de son effet positif potentiel sur l'économie libanaise.

### Mots-clés

Consommation d'électricité, croissance économique, causalité de Granger, cointégration.

### Abstract

This article studies the causal relationship between electricity consumption and economic growth in Lebanon over the period 1971-2012. This relationship is examined using cointegration and Granger causality tests. The results of the estimates indicate that economic growth and electricity consumption in Lebanon are not cointegrated and that there is no causal relationship between variables according to Granger's tests. However, a unidirectional causality is detected in the post-war period (1990-2012), ranging from electricity consumption to economic growth. The results of this research prove strongly, and with an econometric approach, that electricity consumption was the fundamental source of economic growth after the civil war in Lebanon, which explains the appearance of this causal relationship. In addition, the most relevant implication of this study is that mitigation of current power generation shortages should be a national priority, given its potential positive effect on the Lebanese economy.

### Key Words

Electricity consumption, economic growth, Granger causality, cointegration.

### 1. Introduction

La question de savoir si une relation de causalité existe entre la consommation d'énergie et la croissance économique a fait l'objet de beaucoup de recherches dans la littérature économique (Kraft et Kraft, 1976 ; Abosedra and Baghestani, 1989 ; Oh et Lee, 2004 ; Chiang Lee, 2005 ; Steven, 1993 ; Ozturk, 2010 ; Iyke, 2015 ; Dlamini et al., 2015 ; Ackah, 2015 ; Enu et Havi, 2014..), mais qui essentiellement n'a pas pu conclure définitivement ce lien causal et a eu des résultats qui diffèrent dans le temps et dans l'espace. Et étant donné que le niveau de la consommation d'électricité peut également signaler le niveau de développement socio-économique d'un pays, des études plus récentes ont porté sur la relation de causalité entre la consommation d'électricité et la croissance économique (Masih and Masih, 1997 ; Wolde-Rufael, 2004 ; Narayan and Prasad, 2008 ; Solarin and Shahbaz, 2013 ; Ouedraogo, 2013..), qui également ont donné lieu à différents résultats pour les différents pays et diverses périodes d'échantillonnage. Aucune conclusion commune n'a été établie jusqu'à aujourd'hui pour la direction de causalité entre la consommation d'énergie ou d'électricité et

la croissance économique. En effet, cela est dû aux différentes méthodes utilisées dans les études, à la période d'échantillonnage, aux données utilisées ainsi qu'au niveau de développement du pays, si c'est un pays développé ou en voie de développement. Dans cet article, qui a comme objectif d'étudier la relation de causalité entre la consommation d'électricité et la croissance économique au Liban, nous nous basons sur les récents progrès de la recherche économétrique dans l'étude des séries temporelles non stationnaires, qui ont développé la méthodologie autour des concepts fondamentaux de la cointégration, du modèle à correction d'erreurs et de causalité. Le concept de cointégration a été introduit par Granger (1981), Granger et Weiss (1983) puis Engle et Granger (1987) et permet de préciser la réalité et la nature des divergences entre deux séries théoriquement liées entre elles et à modéliser le comportement de ces variables. Le modèle à correction d'erreur (Sargan, 1964 ; Davidson, Hendry et alii, 1978 ; Salmon, 1982) permet d'en expliquer et d'en déduire le mécanisme (Njiki, 1998). Quant à la notion de causalité (Granger, 1969 ; Sims, 1972, 1980), associée à la cointégration et au modèle à correction d'erreurs, elle permet d'étudier la direction de la causalité entre deux variables, qu'elle soit de long ou de court terme.

Ces techniques ont été largement utilisées pendant les dernières années et les résultats de la revue de la littérature sur la relation entre l'énergie et la croissance peuvent se résumer en quatre hypothèses : la croissance, la conservation, la rétroaction et de neutralité. Tout d'abord, l'hypothèse de croissance qui existe s'il y a une causalité unidirectionnelle allant de la consommation d'énergie à la croissance économique, et indirectement, par l'intermédiaire de la main d'œuvre et du capital dans le processus de production. Cela veut dire que la conservation de l'énergie peut influencer négativement la croissance économique. Ensuite, l'hypothèse de la conservation, mise en évidence s'il y a une causalité unidirectionnelle allant de la croissance économique vers la consommation d'énergie, et qui préconise la mise en œuvre d'une politique énergétique conservatrice de l'énergie, pour que la croissance économique ne soit pas ralentie. Troisièmement, l'hypothèse de rétroaction qui confirme l'interdépendance entre la consommation d'énergie et la croissance économique et que les deux variables sont étroitement liées et se touchent mutuellement. Cette hypothèse une fois vérifiée, elle encourage la mise en œuvre de politiques d'expansion en énergie pour assurer une croissance économique durable à long terme. Et enfin, l'hypothèse de la neutralité, qui considère que pas de lien entre la consommation d'énergie et la croissance économique. Cela signifie que ni la conservation de l'énergie ni l'énergie coûteuse ne peuvent nuire à la croissance économique. L'étude de la relation de causalité pourrait avoir de fortes implications sur la politique énergétique dans un pays. Autrement dit, si par exemple une relation de causalité existe dans un seul sens allant de la consommation d'électricité vers la croissance sans rétroaction, les planificateurs doivent booster la construction des capacités de production. D'autre part, s'il existe un lien de causalité unidirectionnel allant de la croissance économique vers la consommation d'électricité, les politiques de conservation de l'électricité auront lieu pour réduire la consommation électrique sans détériorer la croissance économique du pays.

L'objet de cette étude est d'établir le sens ainsi que la relation entre la consommation d'électricité et la croissance économique dans le cadre particulier du Liban. Nous avons utilisé dans cet article une méthodologie d'estimation économétrique par l'approche d'Engle et Granger qui présente l'avantage de déterminer la relation à long terme ainsi qu'à court terme. Dans le cas de cointégration, l'estimation du modèle à correction d'erreurs vient en deuxième étape pour analyser la dynamique des phénomènes. Et comparativement aux autres méthodes classiques notamment la méthode des moindres carrés ordinaires, cette méthode d'estimation donne une idée sur les effets que peuvent avoir des fluctuations simultanées des variables et sur la manière dont les deux phénomènes se retrouveront dans le long terme. Le sens de la relation, qui vient en troisième étape, nécessite la mise en œuvre d'un test statistique particulier. Il s'agit du test de causalité au sens de Granger, qui cherche à déterminer l'impact d'un phénomène sur un autre.

Le reste de cet article est organisé comme suit : La section 2 présente les données et la méthodologie utilisées. La section 3 discute les résultats empiriques. Nous présenterons enfin les implications politiques et formulerons les conclusions dans la dernière section.

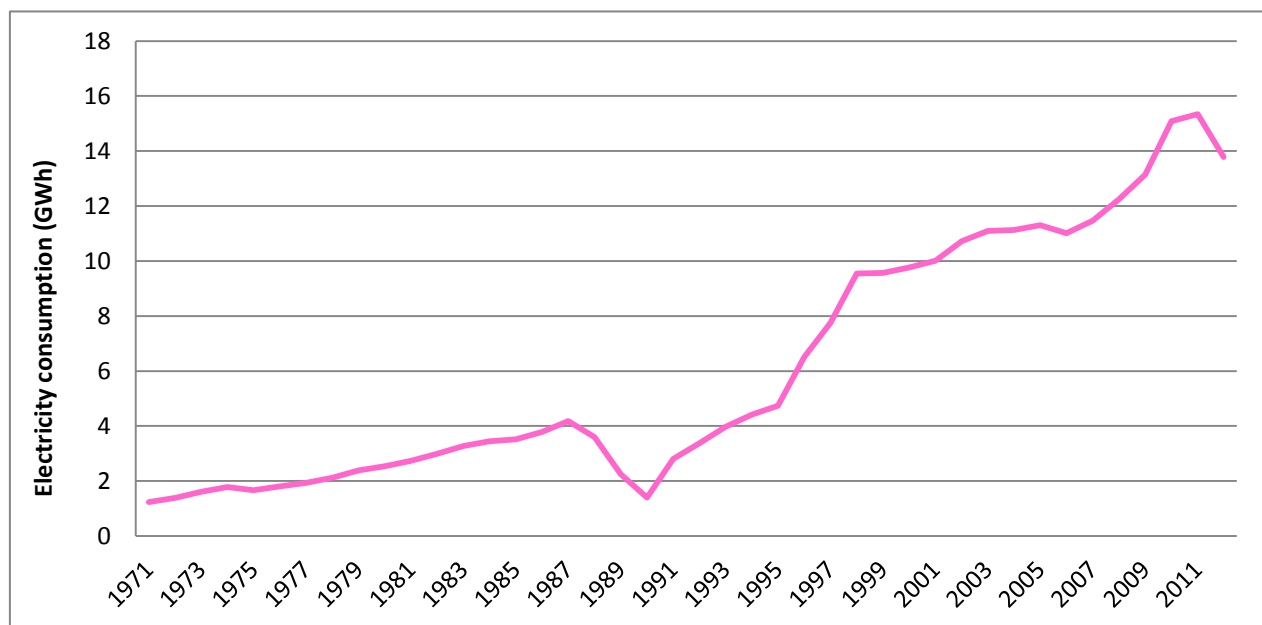
## 2. Analyse de la causalité entre la consommation d'électricité et la croissance économique au Liban

### 2.1 Données de l'analyse

Le modèle que nous testons se base sur le fait qu'on suppose l'existence d'une liaison entre la consommation d'électricité et la croissance économique représentée par le Produit Intérieur Brut (PIB) au Liban. Et afin de réaliser cette étude de causalité, nous utilisons les séries de la consommation totale d'électricité (en GWh) et le PIB (Produit intérieur brut, en milliards de dollars US 2005 constant). Les données utilisées sont des données annuelles provenant de la Banque Mondiale pour ce qui concerne le PIB et de l'Agence Internationale de l'Énergie pour ce qui concerne la consommation d'électricité. Les données pour chaque série couvrent la période allant de 1971 à 2012 et sont détaillées dans ce qui suit.

#### 2.1.1 Évolution de la consommation d'électricité de 1971 à 2012

Le graphique 1 représente l'évolution de la consommation d'électricité au Liban entre 1971 et 2012.



Graphique 1 : Évolution de la consommation totale d'électricité (GWh) au Liban (1971-2012)

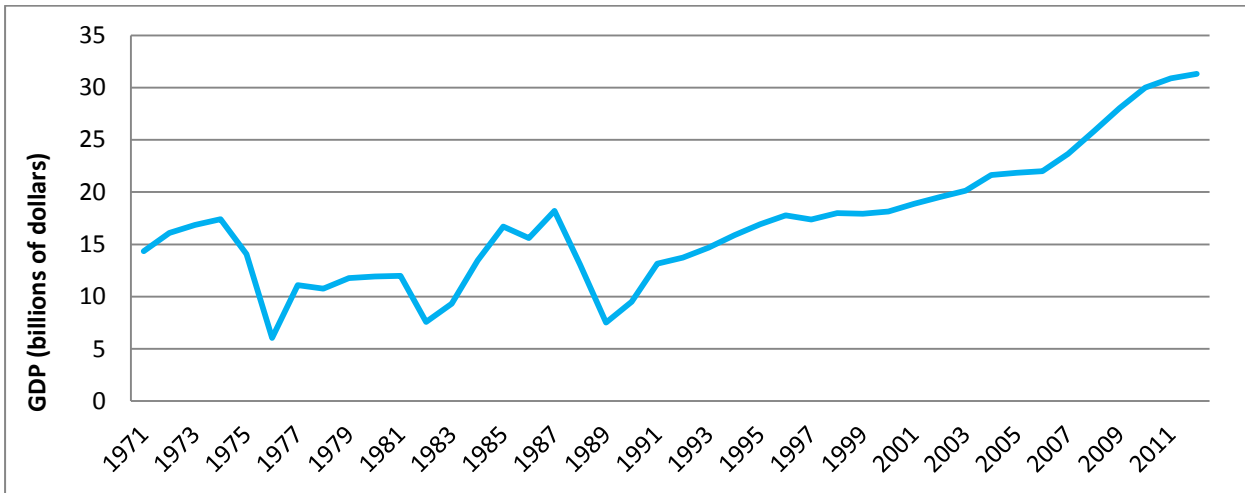
Source : Agence Internationale de l'Énergie (AIE)

L'observation du graphique ci-dessus montre que la consommation d'électricité a connu deux différentes phases : D'abord, entre les années 1971 et 1990, on assiste à une augmentation légère dans le niveau de la consommation d'électricité, expliquée par ce qu'on appelle « le jeu de la guerre » qui impose des règles jouées pendant les années de guerre qui n'ont touché les centrales électriques que dans les dernières années de la guerre, ce qui explique la diminution de la consommation d'électricité entre les années 1987 et 1990. Ensuite, de 1990 à 2012, un fort besoin croissant en électricité s'est traduit au Liban après la fin de la guerre civile, là où l'état libanais a lancé un vaste programme pour la construction et la réhabilitation des centrales et des lignes électriques. Au fil des années, la consommation d'électricité a augmenté progressivement de 1400 GWh en 1990 à 13777 GWh en 2012 et donc a été quasiment multipliée par 10. Elle n'a connu durant cette phase que deux périodes de décroissance : une première de 2005 à 2006, due à la guerre du Liban avec Israël (Juillet 2006) qui a eu de graves conséquences sur l'ensemble des activités et des secteurs dans le pays et non pas seulement sur le secteur d'électricité, et une deuxième de 2011 à 2012, expliquée

par le fort flux des réfugiés syriens, estimé à presque deux millions de réfugiés syriens sur le territoire libanais (UNICEF, 2016), et par conséquent l'incapacité d'assurer un approvisionnement électrique à tous, une offre insuffisante traduite par des coupures fréquentes d'électricité au niveau de toutes les régions du pays.

### 2.1.2 Évolution de la croissance économique de 1971 à 2012

Le Produit Intérieur Brut, PIB, est un indicateur utilisé généralement pour mesurer l'activité économique, il mesure l'ensemble de la richesse créée sur le territoire géographique par les unités résidentes et non résidentes. Le graphique ci-dessous décrit l'évolution du PIB sur la période 1971-2012 au Liban.

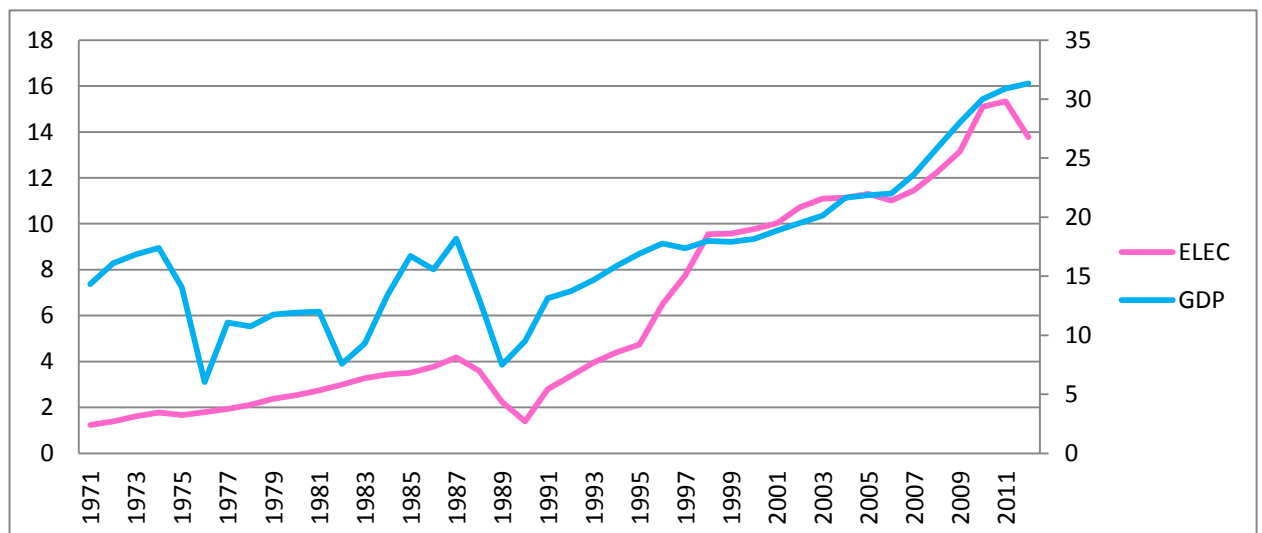


**Graphique 2 : Évolution du Produit Intérieur Brut PIB (\$US constant 2005) au Liban (1971-2012)**  
Source : Banque Mondiale (WB)

De manière générale, le PIB a connu une instabilité jusqu'aux années 90. Une nouvelle période a commencé à la fin de la guerre civile, et la paix a fortement aidé le gouvernement libanais à reprendre le contrôle du pays là où le PIB a augmenté de 353 % dans les années 1990. Dans cette période, le Liban se situait en 7ème position mondiale pour la croissance annuelle moyenne.

### 2.1.3 Comparaison de l'évolution de la croissance économique et la consommation d'électricité

Le graphique 3 montre l'évolution comparative du Produit Intérieur Brut et de la consommation d'électricité.



### **Graphique 3 : Évolution comparative du Produit Intérieur Brut (\$US constant 2005) et de la consommation d'électricité (GWh) au Liban (1971 et 2012)**

Source : AIE, WB

Il ressort d'une première analyse de ce graphique que le PIB et la consommation d'électricité semblent évoluer dans le même sens et ont une similarité détectée visuellement dans la période post-guerre au Liban. L'évolution non similaire des deux variables dans la période 1971-1990 est certainement due à la guerre civile qui a duré 15 ans au Liban jusqu'à l'année 1990, et qui pourrait être la raison derrière un biais qui peut avoir lieu au niveau des résultats de l'étude de causalité que nous allons mener pour nos variables. Le pays a été traversé par de longues années de guerre, c'est pourquoi nous risquons d'avoir dans notre analyse des problèmes d'homogénéité au niveau des résultats de l'étude de la relation à long terme couvrant l'ensemble de la période. Sinon, quant à la période post-guerre, les périodes de récession de l'activité économique correspondent à des périodes de baisse de la consommation d'électricité, et de la même manière, les périodes de croissance du PIB sont marquées par une hausse de la consommation d'électricité. Les deux courbes semblent avoir une tendance commune dans le long terme qui traduit probablement l'existence d'une relation de cointégration entre les deux séries. Cette évolution nous amène à poser la question de causalité entre les deux variables, ce que nous allons démontrer empiriquement dans la section suivante.

#### **2.2 Méthodologie économétrique adoptée pour l'analyse**

Après avoir décrit la situation de la croissance économique et la consommation d'électricité dans la section précédente, il sera question de vérifier par une approche économétrique l'existence d'une relation entre les deux variables. Pour cela, nous allons d'abord décrire la méthodologie économétrique utilisée avant de présenter les résultats empiriques de notre analyse avec les interprétations économiques de ces résultats.

L'existence d'une relation entre la consommation d'énergie et le développement semble affirmative. Car d'une part, statistiquement, il existe une corrélation évidente et forte entre ces deux phénomènes ; Pour le cas du Liban, une corrélation forte existe entre les deux variables après les années 1990 (corrélation de 0.8) et moins faible sur l'ensemble de l'échantillon (corrélation de 0.6), surtout en raison de la période avant-guerre qui a déstabilisé pour longtemps la situation du pays. Et d'autre part, logiquement, cette relation semble évidente, parce que l'énergie électrique est indispensable à la réalisation de tout processus de production et donc au développement économique. Le rôle que joue l'électricité dans la croissance économique n'est plus à démontrer. En effet, l'existence d'une corrélation signifie que les deux variables évoluent systématiquement dans les mêmes directions et dans des amplitudes analogues mais on ne peut pas, suite à ce résultat, dire que la consommation d'électricité cause toujours la croissance économique ou le contraire. Parce que le fait que deux variables soient « fortement corrélées » ne démontre pas qu'il y ait une relation de causalité entre l'une et l'autre. Seule, la corrélation n'est pas le bon instrument de mesure pour étudier l'effet de causalité entre deux variables. D'où le concept de la cointégration. Il existe deux grandes approches pour analyser le lien de causalité entre la croissance économique et la consommation d'électricité : l'approche multivariée et l'approche bivariée. Stern (1993), Stern (2000), Oh et Lee (2004), et Narayan et Smyth (2005) ont utilisé des modèles multivariés pour analyser la relation entre le PIB et la consommation d'électricité à partir d'une fonction de production. Les modèles multivariés comprennent le PIB, la consommation d'électricité, le capital du travail et les changements technologiques. D'autre part, plusieurs études ont utilisé des modèles bivariés pour détecter ce lien de causalité en utilisant seulement le PIB et la consommation d'électricité comme variables dans le modèle. Dans notre analyse, afin de simplifier les choses, et vu les limitations dans les données, nous allons adopter une approche bivariée, se limiter aux deux variables, la consommation d'électricité et le PIB, et écarter les autres. Parce que d'une part, nous nous intéressons exclusivement à la causalité entre ces variables, et d'autre part en raison de la non disponibilité, actuellement, des autres variables en longues séries au Liban.

Dans leur approche, Engle et Granger (1987) ont montré que si deux variables X et Y sont

individuellement I(1), c'est-à-dire intégrés d'ordre un, et cointégrées, alors il y aurait une relation causale entre elles au moins dans un sens. Donc la première étape consiste à tester l'ordre d'intégration des variables étudiées à l'aide du test Augmenté de Dickey-Fuller (ADF) et donc vérifier si les deux séries sont séparément intégrées d'ordre 1 (stationnaires en différence première). Selon les résultats du test, la deuxième étape consiste à déterminer la relation de cointégration entre les variables en utilisant les tests de cointégration (Granger test, Johansen test...). Si les données sont intégrées mais pas cointégrées, alors les tests de causalité sont effectués en utilisant des données différenciées pour atteindre la stationnarité. Pour passer dans une troisième étape aux tests d'Engle et Granger qu'ils proposent dans la méthode économétrique appliquée aux séries temporelles et qui permettent de démontrer le lien causal entre la croissance économique et la consommation d'électricité. L'application du test de Granger nécessite obligatoirement les tests préliminaires de racine unitaire et de cointégration. En présence de cointégration, le test de causalité peut être appliqué de deux manières : les variables intégrées peuvent être utilisées en niveau dans un modèle autorégressif bivarié à cause des propriétés de consistance des estimateurs (Altinay et Karagol), ou un modèle bivarié contenant un mécanisme de correction d'erreur (Granger).

### 2.2.1 Test de racine unitaire

Cet article utilise les séries de données chronologiques du PIB (LGDP) et de la consommation d'électricité (LELEC) pour la période 1971-2012 au Liban. Il est noté que toutes les variables sont transformées en logarithmes naturels. Afin d'établir l'ordre d'intégration des variables concernées, cette étude utilise d'abord les tests de racine unitaire classiques largement connus comme les tests de racine unitaire augmentés de Dickey-Fuller (ADF). Généralement, on dit qu'une variable est intégrée d'ordre  $d$ , écrite par  $I(d)$ , si elle s'avère stationnaire après une différence de temps. La variable intégrée d'ordre supérieur ou égal à 1 est non stationnaire. Selon Asteriou et Hall (2007), la plupart des variables économiques sont cointégrées d'ordre 1. En testant l'existence d'une racine unitaire de la série temporelle  $Y_t$  ( $H_0: \delta = 0$ ), nous réalisons le test ADF en se basant sur l'estimation des moindres carrés de trois modèles. La première étape consiste à tester le premier modèle comprenant une tendance et une dérive. Soit  $Y$  la série dont on teste la non-stationnarité. Le premier modèle  $Y_t$  est alors représenté par :

$$Y_t = \gamma_1 Y_{t-1} + \alpha_1 + \gamma_1 t + \varepsilon_t \quad (1)$$

où  $t$  représente la tendance et  $\varepsilon_t$  un bruit blanc.

On teste tout d'abord la significativité de la tendance, et ensuite la significativité de la dérive représentée par la constante  $\alpha$ . Si la constante et la dérive sont significatives, on teste alors l'hypothèse de non stationnarité  $\beta = 1$  contre l'hypothèse alternative  $|\beta| < 1$ . Par contre, si la tendance n'est pas significative, le modèle utilisé pour le test serait représenté par la relation suivante :

$$Y = \beta_2 Y_{t-1} + \alpha_2 + \varepsilon_t \quad (2)$$

Dans ce modèle, la première étape du test consiste à tester la significativité de la dérive  $\alpha$ . Si

$\alpha$  est significatif, alors on teste l'hypothèse de non-stationnarité. Si la tendance et la dérive du premier modèle ne sont pas significatives, le test repose sur la relation suivante :

$$Y_t = \beta_3 Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3)$$

Et pareillement aux deux modèles précédents, on teste l'hypothèse nulle de non stationnarité

$\beta = 1$  contre l'alternative  $|\beta| < 1$ .

Pour des raisons purement statistiques, on préfère passer aux différences premières dans les modèles et donc on aura les trois équations suivantes :

$$\Delta Y_t = (\beta_1 - 1) Y_{t-1} + \alpha_1 + \gamma_1 t + \varepsilon_t \quad (4)$$

$$\Delta Y_t = (\beta_2 - 1) Y_{t-1} + \alpha_2 + \varepsilon_t \quad (5)$$

$$\Delta Y_t = (\beta_3 - 1) Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (6)$$

En effet, une série est dite stationnaire si la statistique du test (ADF) est supérieure en valeur absolue à la valeur critique à 5%. La différence entre ces trois régressions concerne la présence des éléments déterministes  $\alpha$  et  $\beta_t$ . Pour choisir la meilleure parmi les trois équations, nous allons d'abord tracer les données de chaque série puis observer le graphique car on peut détecter la présence ou non des régressions de tendance déterministe.

### 2.2.2 Test de cointégration

Une fois l'ordre d'intégration des variables établi, nous évaluons ensuite si les variables considérées sont cointégrées. Selon Engle et Granger (1987), une combinaison linéaire de deux séries non stationnaires ou plus (avec le même ordre d'intégration) peut être stationnaire. Si une telle combinaison linéaire stationnaire existe, on considère que les séries sont cointégrées et qu'il existe des relations d'équilibre à long terme. La cointégration implique que la causalité existe entre les deux variables, mais elle n'indique pas la direction de la relation causale. La présence de la cointégration parmi les variables exclut la possibilité d'une régression « fausse » (Belloumi, 2010). Il existe différentes approches pour tester la cointégration. Dans la littérature concernant les études de la causalité entre croissance et énergie, nous distinguons les études basées sur le modèle vectoriel auto-régressif VAR de Sims et le test causalité d'Engle et de Granger, qui supposent que les séries sont stationnaires, et les études qui ont traité des séries non stationnaires et ont considéré la cointégration comme la technique la plus appropriée. Un certain nombre d'outils permettant de tester l'hypothèse de cointégration entre deux séries temporelles ont été présentés par Engle et Granger (1987). Selon eux, deux variables sont dites cointégrées si elles sont non stationnaires et leur combinaison est stationnaire. Un des tests le plus fréquemment utilisé est le test en deux étapes basées sur les moindres carrés ordinaires et que nous allons utiliser dans notre étude. Dans tous les tests, l'hypothèse nulle  $H_0$  est celle de non-cointégration et l'alternative  $H_1$  est celle de cointégration. Dans les modèles bivariés, ce qui est le cas pour cette étude, l'approche de cointégration d'Engle et de Granger est utilisée dans la plupart des études pour tester la relation à long terme entre deux variables, et est appliquée à un modèle à correction d'erreur (VECM) ou à un modèle vectoriel auto-régressif (VAR).

### 2.2.3 Test de causalité

Le test au sens de Granger (1969), utilisé dans les études économétriques de causalité, est construit d'une façon simple sur l'idée suivante : Si un phénomène est la cause d'un autre phénomène, nommé "effet", alors ce dernier ne peut pas précéder la cause. Autrement dit, Granger considère qu'il existe une relation de causalité entre deux variables si la présence du passé d'une variable X apporte de l'information dans l'explication du présent d'une autre variable Y. Le seul moyen de vérifier que X cause Y est d'observer que toujours, X vient avant Y. Si c'est le cas, on aura une grande chance pour identifier la relation de causalité entre X et Y. Si le test de Granger, bien connu depuis une quarantaine d'années, a bien montré qu'il y a une variable qui varie systématiquement avec l'autre et qui provoque ainsi la variation de l'autre dans un laps de temps relativement faible, alors cela est statistiquement significatif et permet de conclure que la relation de causalité existe dans un sens ou dans un autre.

Notons  $LELEC_t$  et  $LGDP_t$  les logarithmes de la consommation d'électricité et du PIB respectivement et supposons que  $LELEC_t$  et  $LGDP_t$  sont intégrés d'ordre 1, le modèle VAR développé par Granger (1969) peut être défini comme :

$$\Delta LGDP_t = \alpha + \sum_{i=1}^m \beta_i \Delta LGDP_{t-i} + \sum_{j=1}^n \gamma_j \Delta LELEC_{t-j} + \varepsilon_t \quad (7)$$

$$\Delta LELEC_t = a + \sum_{i=1}^m b_i \Delta LELEC_{t-i} + \sum_{j=1}^n c_j \Delta LGDP_{t-j} + \varepsilon_t \quad (8)$$

Le test au sens de Granger (1969), utilisé dans les études économétriques de causalité, est construit d'une façon simple sur l'idée suivante : Si un phénomène est la cause d'un autre



phénomène, nommé "effet", alors ce dernier ne peut pas précéder la cause. Autrement dit, Granger considère qu'il existe une relation de causalité entre deux variables si la présence du passé d'une variable X apporte de l'information dans l'explication du présent d'une autre variable Y. Le seul moyen de vérifier que X cause Y est d'observer que toujours, X vient avant Y. Si c'est le cas, on aura une grande chance pour identifier la relation de causalité entre X et Y. Si le test de Granger, bien connu depuis une quarantaine d'années, a bien montré qu'il y a une variable qui varie systématiquement avec l'autre et qui provoque ainsi la variation de l'autre dans un laps de temps relativement faible, alors cela est statistiquement significatif et permet de conclure que la relation de causalité existe dans un sens ou dans un autre.

Cette étude utilise le critère d'information d'Akaike (AIC) et le critère bayésien de Schwarz (SBC) pour déterminer la longueur de retard optimale de  $\Delta LELEC_t$  et  $\Delta LGDP_t$ . Les méthodes standard pour tester l'hypothèse nulle de non cointégration sont basées sur les résidus. Les équations (7) et (8) sont estimées par la méthode MCO, et les tests de racine unitaire sont appliqués aux erreurs de régression (Gregory et Hansen, 1996a). Plus précisément, les hypothèses nulles suivantes sont testées :

**(A)  $H_0 : \sum_{j=1}^q \gamma_j = 0$  La consommation d'électricité ne cause pas la croissance économique**

**(B)  $H_0 : \sum_{j=1}^q c_j = 0$  La croissance économique ne cause pas la consommation d'électricité**

Après avoir testé la relation de causalité, il est possible que la consommation d'électricité cause la croissance économique, que la croissance économique entraîne une consommation d'électricité, qu'il y a rétroaction bidirectionnelle entre la consommation d'électricité et la croissance économique ou que la consommation d'énergie et la croissance économique sont indépendantes. Selon Mehrara (2007), la méthode la plus populaire pour les tests de causalité de Granger est basée sur le modèle vectoriel de correction d'erreur VECM si les variables sont cointégrées. Le VECM permet d'éviter les insuffisances des modèles basés sur VAR en distinguant une relation à long terme et une relation à court terme entre les variables. Théoriquement, la co-intégration implique l'existence d'une causalité entre les variables, mais n'indique pas la direction de la relation causale. Le VECM est estimé en utilisant le modèle VAR suivant :

$$\Delta LGDP_t = \alpha + \sum_{i=1}^m \beta_i \Delta LGDP_{t-i} + \sum_{j=1}^n \gamma_j \Delta LELEC_{t-j} + \delta ECM_{t-1} + \varepsilon_t \quad (9)$$

$$\Delta LELEC_t = a + \sum_{i=1}^m b_i \Delta LELEC_{t-i} + \sum_{j=1}^n c_j \Delta LGDP_{t-j} + d ECM_{t-1} + \varepsilon_t \quad (10)$$

où le terme de correction d'erreur  $ECM_{t-1}$  est dérivé de la relation de cointégration à long terme et mesure l'ampleur du déséquilibre passé. Les coefficients,  $\delta$  et  $d$  du terme  $ECM_{t-1}$  représentent l'écart des variables dépendantes de l'équilibre à long terme. De la même manière que les hypothèses nulles (A et B), la causalité à long terme peut être testée en testant les hypothèses nulles suivantes :

**(C)  $H_0 : \delta = 0$  La consommation d'électricité ne cause pas la croissance économique**

**(D)  $H_0 : d = 0$  La croissance économique ne cause pas la consommation d'électricité**

### 3. Interprétation des résultats empiriques

Avant de procéder à une estimation basée sur séries temporelles, il convient de connaître les caractéristiques dynamiques des données, dont les tests de racine unitaire ou test de stationnarité et le test de cointégration.

#### 3.1 Test de racine unitaire de Dickey-Fuller Augmenté

Nous avons utilisé le test de racine d'unité de Dickey et Fuller Augmenté ADF (Dickey et Fuller, 1981) pour étudier dans un premier temps l'ordre d'intégration de nos variables, et qui consiste à vérifier l'hypothèse nulle  $H_0 : \beta = 1$  contre l'hypothèse alternative  $H_1 : |\beta| < 1$ . Le tableau

1 présente les résultats du test de racine unitaire effectué sur nos variables. Les statistiques de test de Dickey-Fuller Augmenté indiquent que nos deux variables, la consommation d'électricité et le PIB, sont non-stationnaires au niveau, alors qu'elles sont stationnaires en différence première avec tendance et constante à un niveau de signification de 5%. Nous constatons que les séries sont intégrées I(1).

**Tableau 1 : Test de stationnarité des séries**

Augmented Dickey-Fuller test statistic				
Variables	ADF t-Stat <sup>1</sup>			Conclusion
	Constant and trend	Constant	None	
ELEC	-2.3893 (0.3792)	-0.5984 (0.8597)	0.6160 (0.8453)	I(1)
DELEC	**			
GDP	-2.6056 (0.2800)	1.0955 (0.9967)	1.6211 (0.9720)	I(1)
DGDP	**			

**Source : Nos estimations sur e-views**

Notes: Les valeurs des probabilités sont entre parenthèses

<sup>1</sup> Le retard est déterminé par l'Akaike Information Criterion AIC

\*\* indique le rejet de l'hypothèse nulle de présence de racine unitaire à un niveau de confiance de 95%

### 3.2 Test de cointégration

Après avoir déterminé l'ordre d'intégration de nos variables, nous avons testé leur cointégration. Par définition, deux séries  $X_t$  et  $Y_t$  dont les processus sont intégrés sont dites cointégrées, s'il existe une combinaison linéaire unique des deux variables qui se révèle être intégrée d'ordre 0, c'est-à-dire qui est stationnaire. Ces deux séries auront donc tendance à varier ensemble dans le temps. L'approche qui a été retenue dans le cadre de ce travail pour tester la cointégration entre la consommation d'électricité et la croissance économique au Liban entre 1971 et 2012 est la méthodologie en deux étapes d'Engle et Granger.

**Tableau 2 : Test de cointégration d'Engle et Granger**

**Null Hypothesis: RESID\_COINTEGR has a unit root**

**Exogenous: Constant**

**Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)**

	t-Statistic	Prob.*
<b>Augmented Dickey-Fuller test statistic</b>	-2.660211	0.0897
<b>Test critical values:</b>		
1% level	-3.600987	
5% level	-2.935001 (-3,43)	
10% level	-2.605836	

**Source : Nos estimations sur e-views**

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values

Notes : La valeur entre parenthèse est la valeur critique par référence à l'article d'Engle et Yoo

Les résultats figurés dans le tableau (2) montrent que le résidu de la relation de cointégration est non stationnaire. Le test indique donc qu'il n'existe pas une relation de cointégration entre la consommation d'électricité et le PIB en se référant aux valeurs critiques données dans l'article d'Engle et Yoo. On accepte donc l'hypothèse nulle de l'absence de cointégration. Par conséquent, la relation entre les variables est une relation de court terme, détectée par le modèle bivarié  $\Delta ELEC$  et  $\Delta GDP$  là où  $\Delta$  est l'opérateur différentiel défini par  $\Delta(X) = X_t - X_{t-1}$ . Nous avons déterminé le retard pour chaque variable du modèle en se basant sur l'Akaike Information Criterion (AIC) qui est le plus utilisé dans le cas des modèles bivariés et des échantillons comportant un nombre limité

d'observations. Sur la base de ce critère, le nombre de retards choisi est 1 (tableau 3).

**Tableau 3 : Lag structure dans le modèle VAR**

**VAR Lag Order Selection Criteria**

**Endogenous variables: DELEC DGDP**

**Exogenous variables: C**

**Sample: 1971 2012**

**Included observations: 33**

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-106.4432	NA*	2.451247	6.572314	6.663011*	6.602831*
1	-102.2852	7.560004	2.430242*	6.562738*	6.834830	6.654289
2	-100.1068	3.696690	2.723959	6.673138	7.126625	6.825722
3	-99.57756	0.833911	3.389950	6.883488	7.518370	7.097107
4	-99.10502	0.687333	4.262441	7.097274	7.913551	7.371926
5	-94.65900	5.928016	4.252256	7.070243	8.067914	7.405929
6	-88.34046	7.658843	3.834470	6.929725	8.108791	7.326445
7	-87.33877	1.092756	4.850894	7.111440	8.471902	7.569194
8	-84.81976	2.442672	5.718497	7.201198	8.743054	7.719985

**Source : Nos estimations sur e-views**

\* indicates lag order selected by the criterion

LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)

FPE: Final prediction error

AIC: Akaike information criterion

SC: Schwarz information criterion

HQ: Hannan-Quinn information criterion

### 3.3 Test de causalité au sens de Granger

Nous avons examiné la relation de causalité entre la consommation d'électricité et le PIB au Liban sur la période allant de 1971 à 2012 à l'aide du test de causalité de Granger basé sur le modèle VAR. Les résultats de ce test sont présentés dans le tableau suivant.

**Tableau 4 : Test de causalité de Granger**

**Pairwise Granger Causality Tests**

**Sample: 1971 2012**

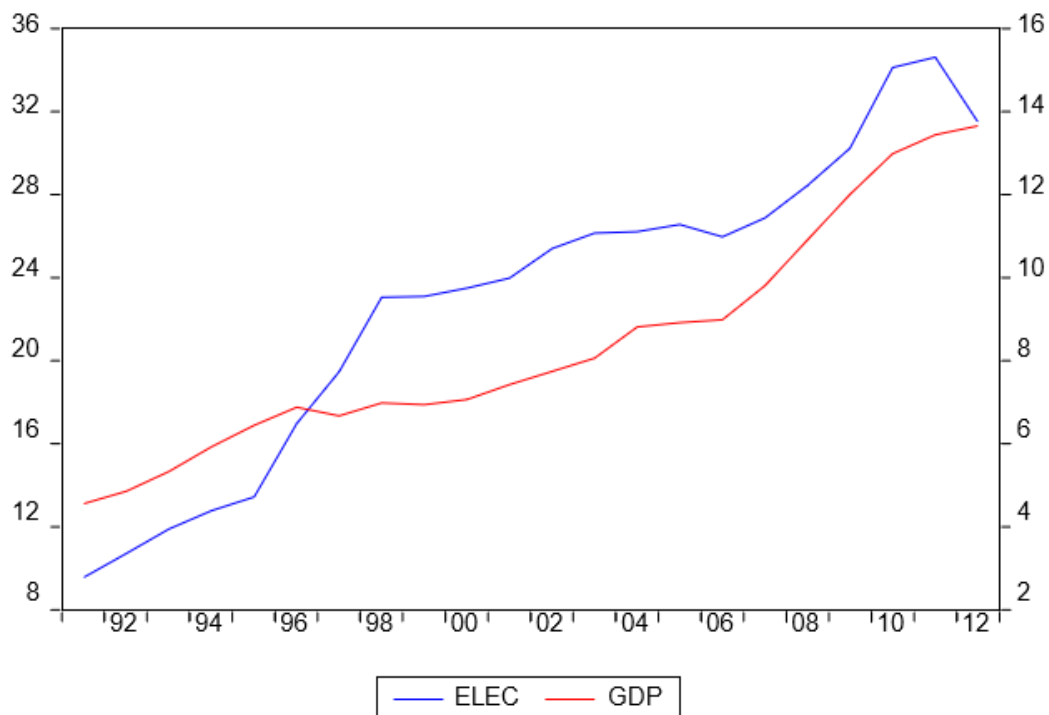
**Lags: 1**

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
<b>DGDP does not Granger Cause DELEC</b>	40	1.26993	0.2670
<b>DELEC does not Granger Cause DGDP</b>		0.02817	0.8676

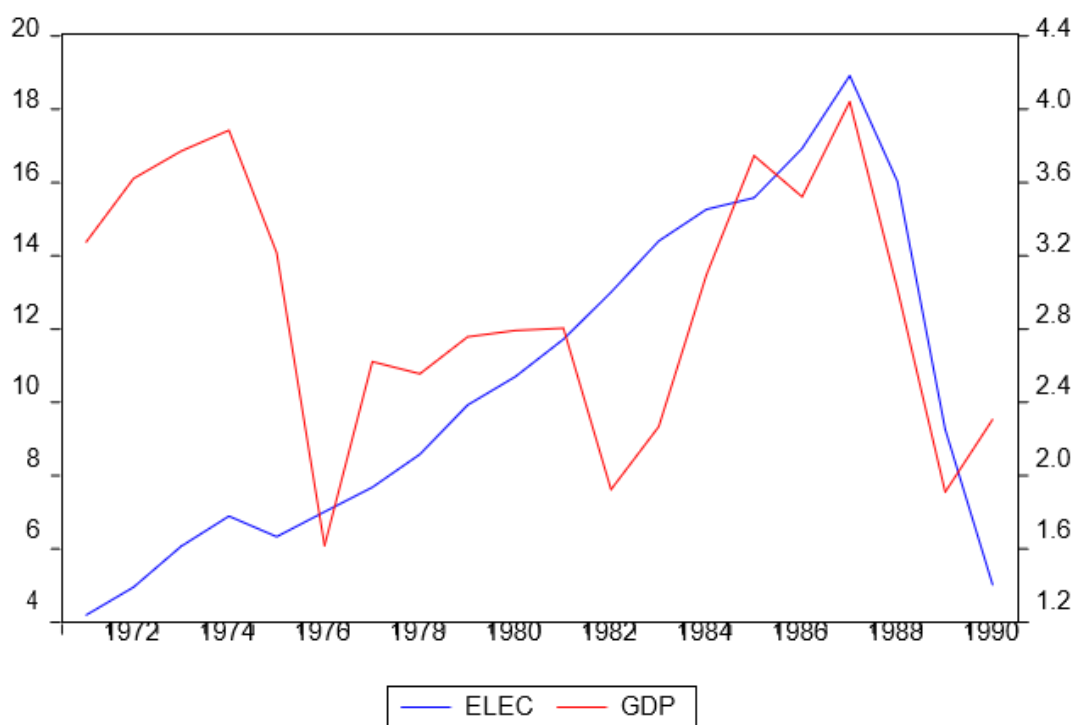
**Source : Nos estimations sur e-views**

Le test de causalité de Granger ne révèle pas l'existence de relation de causalité entre la consommation d'électricité et le PIB. En effet, la non significativité de la relation de cause à effet entre les deux variables pourrait être expliquée par le suivant. Compte tenu du contexte particulier du Liban, il peut s'agir du manque d'investissements dans le secteur d'électricité, de la faiblesse des systèmes de production électrique, de la haute fréquence de coupures d'électricité dans presque toutes les régions du pays, et aux taux élevés de non recouvrement des factures électriques en raison des fraudes. Toutes sont des raisons qui peuvent être derrière le résultat de non causalité obtenu à partir de cette analyse. En effet, une des raisons qui nous semble le plus probablement responsable de cette absence de causalité entre les variables est la période de la guerre civile qui constitue

presque la moitié de notre échantillon et qui pourrait influencer fortement sur les résultats de notre étude. C'est pourquoi nous avons voulu reprendre toute la démarche faite mais cette fois ci en séparant les échantillons avant et après-guerre, comme le montre les deux graphiques ci-contre.



**Graphique 6 : Évolution du PIB et de la consommation d'électricité au Liban entre 1991 et 2012**



**Graphique 5 : Évolution du PIB et de la consommation d'électricité au Liban entre 1971 et 1990**

Visuellement, il nous semble que les deux courbes ont tendance à avoir une logique

commune dans le deuxième graphique, qui représente la période 1991-2012. Pour le prouver empiriquement, nous avons suivi la même démarche économétrique d'Engle et Granger, et nous avons examiné la relation existante entre les variables. Le tableau suivant montre le résultat du test de causalité.

**Tableau 6 : Test de causalité de Granger**

**Pairwise Granger Causality Tests**

**Sample: 1991 2012**

**Lags: 1**

<b>Null Hypothesis:</b>	<b>Obs</b>	<b>F-Statistic</b>	<b>Prob.</b>
<b>DGDP does not Granger Cause DELEC</b>	21	0.03512	0.8534
<b>DELEC does not Granger Cause DGDP</b>		3.45706	0.0794***

**Source : Nos estimations sur e-views**

\*\*\* significativité au seuil de 10%

En testant la causalité de  $\Delta$ LELEC et  $\Delta$ LGDP, l'hypothèse nulle ne peut pas être acceptée à un niveau de signification de 10%. Ces résultats impliquent la présence de causalité unidirectionnelle allant de la consommation d'électricité à la croissance économique sans un effet de rétroaction. Ceci peut être expliqué par le fait qu'après les accords de Taëf, qui ont eu pour conséquence l'arrêt de la guerre civile qui a duré 15 ans au Liban, il y a eu un effort de reconstruction sans précédent au Liban et qui a été la source fondamentale de la croissance économique qui a placé le pays pendant cette année en 7<sup>ème</sup> place mondiale au niveau de taux annuel de croissance, et qui a dépendu fortement de l'électricité et du secteur de l'énergie en général. Le test n'a pas montré une significativité à 5%, ceci peut être dû au faible nombre des observations compte tenu période des séries étudiées relativement courte, et qui ne couvre que 21 observations.

#### 4. Conclusions

Cet article analyse la relation entre la consommation d'électricité et la croissance économique pour le Liban, en utilisant les données annuelles couvrant la période allant de 1971 à 2012 qui comporte des années de guerre. L'objectif de cette analyse était d'utiliser les développements récents de l'économétrie des séries temporelles non stationnaires, notamment la théorie de la cointégration, pour étudier le lien causal entre la croissance économique et la consommation d'électricité au Liban. Les résultats empiriques de l'étude prouvent l'absence d'une relation d'équilibre à long terme entre la consommation d'électricité et la croissance économique au sens de Granger sur toute la période, pendant laquelle le Liban a été traversé par de longues années de guerre. Ce résultat peut être justifié par des séries trop accidentées, là où très probablement nous pouvons avoir des problèmes au niveau de la précision des données collectées pendant la guerre et donc qui peuvent ne pas être trop crédibles. Cependant, l'étude a prouvé l'existence d'une causalité unidirectionnelle allant de la consommation d'électricité vers la croissance économique détectée en utilisant l'auto régression vectorielle bivariée (VAR) une fois la période de la guerre exclue de notre échantillon. Cette causalité n'a par contre pas pu être détectée qu'à un risque de 10% vu la petite taille de l'échantillon et qui ne couvre que 23 ans, ce qui aboutit au manque de robustesse au niveau des résultats mais qui illustrent bien la réalité. Nous pouvons conclure, grâce aux résultats que nous avons obtenu dans cette analyse, que le secteur électrique libanais n'est toujours pas assez bien structuré pour assurer le rôle qu'il a joué dans le développement des pays industrialisés car la contribution des secteurs de l'énergie et de l'électricité et leur influence sur la croissance économique sont incontestables. En effet, le secteur d'électricité devrait être au centre de la politique de développement de l'État libanais. L'électricité est un des facteurs incontournables du développement économique et social, et devrait être disponible en quantité mais aussi en une bonne

qualité et à un coût optimal pour améliorer la situation de l'économie libanaise. Il apparaît crucial de donner à nouveau un espoir pour une meilleure maîtrise de la croissance économique. Et pour atteindre ce niveau de développement souhaité, le Liban devrait définir des politiques ayant pour but de relever le défi d'une croissance élevée dans laquelle le secteur de l'électricité ne doit pas être négligé. Nous recommandons par conséquent l'engagement que doit faire l'État libanais pour construire de nouvelles infrastructures de production électrique afin de faire face à la demande d'électricité devenue croissante et aux délestages éventuels d'électricité.

### **Remerciements**

Les auteurs tiennent à remercier le « Conseil National Libanais pour la Recherche Scientifique CNRS-L » ainsi que le laboratoire de recherche « Acteurs, Ressources et Territoires pour le Développement ART-DEV » de l'Université de Montpellier pour leur soutien.

### **Références bibliographiques**

- Abovedra, S., Dah, A., Ghosh, S., 2009. Electricity consumption and economic growth: the case of Lebanon. *Applied Energy* 86, 429–432.
- Acaravci, A., Ozturk, I., 2010. On the relationship between energy consumption, CO2 emissions, and economic growth in Europe. *Energy*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2010.07.009>.
- Ackah I. On the relationship between energy consumption, productivity and economic growth: Evidence from Algeria, Ghana, Nigeria and South Africa. MPRA Paper. No 64887; 2015.
- Al-Iriani, M.A., 2006. Energy-GDP relationship revisited: an example from GCC countries using panel causality. *Energy Policy* 34 (17), 3342–3350.
- Altinay, G., Karagol, E., 2004. Structural break, unit root, and the causality between energy consumption and GDP in Turkey. *Energy Economics* 26 (6), 985–994.
- Belloumi, M. (2009). Energy consumption and GDP in Tunisia: Cointegration and causality analysis. *Energy Policy*, 37, 2745–2753.
- Bildirici, M.E., Kayikci, F., 2012. Economic growth and electricity consumption in former Soviet Republics. *Energy Economics*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2012.02.010>.
- Chen, S.T., Kuo, H.I., Chen, C.C. (2007). The relationship between GDP and electricity consumption in 10 Asian Countries. *Energy Policy*, 35, 2611–2621.
- Chiou-Wei, S.Z., Chen, C., Zhu, Z., 2008. Economic growth and energy consumption revisited—evidence from linear and nonlinear Granger causality. *Energy Economics* 30, 3063–3076.
- Dagher, L., Ruble, I., 2010. Challenges for CO2 mitigation in the Lebanese electric- power sector. *Energy Policy* 38, 912–918.
- Dagher, L., Ruble, I., 2011. Modeling Lebanon's electricity sector: alternative scenarios and their implications. *Energy* 36, 4315–4326.
- Dlamini J, Balcilar M, Gupta R, Inglesi-Lotz R. Revisiting the causality between electricity consumption and economic growth in South Africa: a bootstrap rollingwindow approach. *Int J Econ Policy Emerg Econ* 2015;8(2):169–90.
- Engle, R.F., Granger, C.W.J., 1987. Cointegration and error correction: representation, estimation and

- testing. *Econometrica* 55, 251–276.
- Enu P, Havi EDK. Influence of electricity consumption on economic growth in Ghana: an econometric approach. *Int J Econ Commer Manag* 2014;2(9):1–20.
- Ghosh, S., 2002. Electricity consumption and economic growth in India. *Energy Policy* 30, 125–129.
- Granger, C.W.J., 1969. Investigating causal relation by econometric and cross-sectional method. *Econometrica* 37, 424–438.
- Granger, C.W.J., 1988. Some recent developments in a concept of causality. *Journal of Econometrics* 39, 199–212.
- Granger, C.W.J., Newbold, P., 1974. Spurious regressions in econometrics. *Journal of Econometrics* 2, 111–120.
- Gregory, A.W., Hansen, B.E. (1996a). Residual-based tests for cointegration in models with regime shifts. *Journal of Econometrics*, 70, 99–126.
- Hsiao, C., 1981. Autoregressive modelling and money income causality detection. *Journal of Monetary Economics* 7, 85–106.
- Huang, B.N., Hwang, M.J., Yang, C.W., 2008. Does more energy consumption bolster economic growth? An application of the nonlinear threshold regression model. *Energy Policy* 36, 755–767.
- Johansen, S., 1988. Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control* 12, 231–254.
- Johansen, S., Juselius, K. (1990). Maximum likelihood estimation and inference on cointegration with applications to the demand for money. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 52, 169–209.
- Kraft, J., Kraft, A., 1978. On the relationship between energy and GNP. *Journal of Energy and Development* 3, 401–403.
- Lau, E., Chye, Xiao-Hui, Choong, Chee-Keong. (2011), Energy-Growth Causality: Asian Countries Revisited. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 1(4), 140–149.
- Lee, C.C., 2006. The causality relationship between energy consumption and GDP in G-11 countries revisited. *Energy Policy* 34, 1086–1093.
- Lee, C.C., Chang, C.P., 2007. Energy consumption and GDP revisited: a panel analysis of developed and developing countries. *Energy Economics* 29, 1206–1223.
- Masih, A., Masih, R. (1996). Energy consumption and real income temporal causality, results for a multi-country study based on cointegration and error correction techniques. *Energy Economics*, 18, 165–183.
- Masih, A.M.M., Masih, R. (1997). On temporal causal relationship between energy consumption, real income and prices; some new evidence from Asian energy dependent NICs based on a multivariate cointegration/vector error correction approach. *Journal of Policy Modeling*, 19,

417– 440.

Narayan, P.K., Narayan, S., Popp, S., 2010. A note on the long-run elasticities from the energy consumption-GDP relationship. *Applied Energy* 87 (10), 1054–1057.

Narayan, P.K., Smyth, R., 2009. Multivariate granger causality between electricity consumption, exports, and GDP: Evidence from a panel of Middle Eastern countries. *Energy Policy* 37, 229–236.

Oh, W., Lee, K., 2004. Causal relationship between energy consumption and GDP revisited: the case of Korea 1970–1999. *Energy Economics* 26 (1), 1–177.

Ozturk, I., 2010. A literature survey on energy-growth nexus. *Energy Policy* 38, 340–349.

Ozturk, I., Acaravci, A., 2011. Electricity consumption and real GDP causality nexus: evidence from ARDL bounds testing approach for 11 MENA countries. *Applied Energy* 88, 2885–2892.

Ozturk, I., Aslan, A., Kalyoncu, H., 2010. Energy consumption and economic growth relationship: evidence from panel data for low and middle income countries. *Energy Policy* 38, 4422–4428.

Paul, S., Bhattacharya, R.N. (2004). Causality between energy consumption and economic growth in India: A note on conflicting results. *Energy Economics*, 26, 977–983.

Perron, P. (1989). The great crash, the oil price shock and the unit root hypothesis. *Econometrica*, 57, 1361–1401.

Pesaran, M.H., Shin, Y., Smith, R.J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of levels relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16, 289–326.

Sims, C.A., 1972. Money, income and causality. *American Economic Review* 62, 540–552.

Sims, C., Stock, J., Watson, M., 1990. Inference in linear time series models with unit roots. *Econometrica* 58, 113–144.

Stern, D.I., 1993. Energy use and economic growth in the USA, a multivariate approach. *Energy Economics* 15, 137–150.

Stern, D.I., 2000. A multivariate cointegration analysis of the role of energy in the U.S. macroeconomy. *Energy Economics* 22, 267–283.

Toda, H.Y., Phillips, P.C.B., 1993. Vector autoregressions and causality. *Econometrica* 61, 1367–1393.

Toda, H.Y., Yamamoto, T., 1995. Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated process. *Journal of Econometrics* 66 (1–2), 225–250.

Wolde-Rufael, Y., 2009. Energy consumption and economic growth: the experience of African countries revisited. *Energy Economics* 31, 217–224.

World Bank, 2009. Lebanon social impact analysis—electricity and water sectors. Report No. 48993-LB.

World Bank, 2012. World Development Indicators (WDI). Accessed at [/http:// data.worldbank.org](http://data.worldbank.org)S



on 2/8/2012.

Yoo, S.H., 2005. Electricity consumption and economic growth: evidence from Korea. *Energy Policy* 33, 1627–1632.

Yu, E.S.H., Hwang, B.K. (1984). The relationship between energy and GNP, further results. *Energy Economics*, 6, 186–190.